

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

近赤外分光法を用いた虚偽検出 : 情報秘匿意図の影響に関する検討

著者	新岡 陽光
出版者	法政大学大学院
雑誌名	大学院紀要 = Bulletin of graduate studies
巻	80
ページ	43-54
発行年	2018-03-31
URL	http://hdl.handle.net/10114/13918

近赤外分光法を用いた虚偽検出—情報秘匿意図の影響に関する検討—

Lie detection with near infrared spectroscopy

—effects of intentions to conceal the information—

人文科学研究科 心理学専攻

博士後期課程3年 新岡 陽光

和文要約

日本における犯罪捜査では、当該事件の被疑者の供述の真偽を複数の末梢神経系反応から評価するポリグラフ検査が実施されている。本研究では、近赤外分光法を活用して、現行の犯罪捜査で用いられているポリグラフ検査と同様の方法（秘匿情報検査）で、情報秘匿時の脳血流動態反応における情報秘匿意図の影響を検討した。実験1では、犯罪シナリオの内容を記録後、情報秘匿課題において、シナリオの内容に関する質問（裁決質問）と無関係な質問（非裁決質問）を呈示し、その間の前頭前領域における脳血流動態反応を計測した。その際、参加者には、犯罪シナリオの内容について知らないふりをさせた。その結果、裁決質問を呈示した場合と非裁決質問を呈示した場合に、酸素化ヘモグロビン濃度の変化量に差異が認められた。実験2では、実験1と同様の情報秘匿課題において、シナリオの内容と関連する質問を呈示した場合に真実を回答させた。その結果、裁決質問と非裁決質問を呈示した場合で酸素化ヘモグロビン濃度に有意な差異が確認できなかった。以上から、秘匿情報検査において、裁決質問回答時と非裁決質問回答時の異なる生理反応を生起させる要因として、情報秘匿意図が重要な役割を果たすことが示唆された。

ABSTRACT

In Japanese criminal investigations, police officers conduct a polygraph test in order to judge whether the suspects tell the truth or lie on the basis of their physiological reactions. In this study, effects of intentions to conceal the information on cerebral hemodynamic responses during concealed information test were investigated with near infrared spectroscopy. In experiment 1, eleven participants read a scenario about a fictional crime and memorized the details of it. Then, they were asked to conceal the details. During concealments, cerebral hemodynamic responses of their prefrontal regions were measured. As results, the concentrations of oxygenated hemoglobin significantly increased on crime-relevant questions. In contrast, the concentrations of oxygenated hemoglobin did not increase on crime-irrelevants. In experiment 2, ten participants read the same scenario. Then, they were asked to tell a truth. As results, the concentrations of oxygenated hemoglobin did not significantly increase on both crime-relevant questions and crime-irrelevants. These results showed that intentions to conceal the information plays an important role on differentiating physiological response between crime-relevant questions and crime-irrelevants in concealed information test.

キーワード：秘匿情報検査 (concealed information test), 近赤外分光法 (near infrared spectroscopy), ポリグラフ検査 (polygraph test), 脳血流動態反応 (cerebral hemodynamic response)

1. 研究の背景

1. 1. 秘匿情報検査の概要と虚偽検出研究の近年の流れ

捜査心理学における虚偽検出研究では、被疑者の供述の真偽を生理反応に基づいて判断するポリグラフ検査の精度向上に向けて、知見が蓄積されてきている。ポリグラフ検査は、日本で年間約 5,000 件実施されており (Osugi, 2011)、信頼性・妥当性ともに高い評価を得ている (小川・松田・常岡, 2013; 財津, 2014)。日本におけるポリグラフ検査では、秘匿情報検査 (Concealed Information Test: CIT) が用いられている (疋田, 1971; 小林, 吉本・藤原, 2009)。CIT では、嘘それ自体の検出というよりは、意図的に秘匿された犯罪に関する情報の記憶の検出に焦点を当てている。また、犯罪に関する知識の検出を探る手法であることから、有罪知識検査 (Guilty Knowledge Test: GKT) と呼ばれることもある。この方法では、犯罪事実に関連する 1 つの裁決質問と、無関係な複数の非裁決質問から構成される質問表を作成する (Elaad, 1990; Lykken, 1959; Lykken, 1978)。裁決質問は、犯人のみが知り得る情報でなければならず、マスコミによる報道などにより犯人以外でも知り得るような情報を用いることはできない。非裁決質問は、裁決質問で用いられた情報と同一概念の範疇に属する情報を用いる。裁決質問に対する生理反応が、複数の非裁決質問と比較して、一貫して大きいならば、その人は、犯罪事実に関連した情報を有していると判断される。一方、無実の者は、犯罪事実に関連した記憶を持たないことから、裁決質問と非裁決質問で反応に違いがないと考えられる (Lykken, 1959)。

日本における CIT では、情報を秘匿した際の末梢神経系器官の反応について検討されてきた。たとえば、心臓循環器系や呼吸器系、汗腺活動系の反応が用いられている (Gamer, 2011; 廣田・小川・松田・高澤, 2009; 小川・敦賀・小林・松田・廣田・鈴木, 2007; Osugi, 2011)。そして、非裁決質問呈示時と比較して裁決質問呈示時に、心拍の低下や呼吸の抑制、汗腺活動の増大がみられることが確認されている (Gamer, 2011; Osugi, 2011)。末梢神経系器官で生じるこれらの反応は、中枢神経系における情報処理に由来するものである。そのため、近年では、中枢神経系反応計測の技術の進歩に伴って、脳活動の変化から嘘や情報秘匿を見破る方法が試みられている (e.g., Farwell & Donchin, 1991; Meixner & Rosenfeld, 2011; Rosenfeld, Biroschak, & Furedy, 2006)。

初めて脳機能計測技術を用いて行われた CIT 研究としては、機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging: fMRI) を用いた Langleben et al. (2002) が挙げられる。その研究では、裁決質問が呈示された場合に、非裁決質問を呈示した場合に比べて、左前帯状回から右内側上前頭回にかけての領域および左前運動皮質の前頭部から背側部、そして、中心溝から頭頂間溝の下縁へと至る前頭頂皮質を含む頭尾軸に沿った U 字型の領域の 2 つが賦活することが確認された。前帯状回は、遂行機能を必要とする課題において賦活することから、前帯状回から上前頭回にかけての領域が特に情報秘匿に関連する神経回路である可能性が高いと結論づけている。その後も、fMRI を用いられた CIT 研究は、2000 年代に増加している。そして、新岡 (2017) は、情報秘匿を含む嘘を回答した場合に一貫して前頭領域における賦活がみられ、前頭領域が真実とは異なることを回答した場合において重要な領域であることを指摘している。このような結果は、顔刺激を用いた記憶情報についての CIT 研究 (Bhatt et al., 2009; Sun, Lee, & Chan, 2013) および、模擬窃盗を用いた CIT 研究 (Cui et al., 2013; Gamer, Klimecki, Bauermann, Stoeter, & Vossel, 2009) においても、同様に確認されている。一方、Peth et al. (2015) は、CIT による虚偽検出における符号化の影響に着目した検討を行っている。そして、犯罪の意図があるのは同じであっても、符号化の文脈が異なる、すなわち、犯罪の計画を立てたのみで終了したか、犯罪を実際に実行したかどうかで前頭領域および側頭領域における脳活動のパターンが異なることを示している。

fMRI を用いた CIT 研究では、主に、3 項オドボール課題の枠組みによる CIT パラダイムが用いられている。一般的なオドボール課題は単純な刺激分類課題であり、同じ刺激が繰り返し呈示される系列の中に、出現頻度の低い異なった刺激が挿入される。参加者は 2 つの刺激を区別して、それぞれに異なった反応をするよう求められる (入戸野, 2003)。出現頻度の低い刺激はターゲット刺激、出現頻度の高い刺激は標準刺激と呼ばれる。一方で、CIT 研究では、ターゲット刺激に加えて、標準刺激として、裁決質問と非裁決質問の 2 種類の計 3 種類の刺激が用いられる。そのため、CIT 研究で用いられるオドボール課題は、3 項オドボール課題と呼ばれる。

CIT パラダイムは、出現頻度の高い非裁決質問と出現頻度の低い裁決質問を呈示していくという点でオドボール課題と課題構造が類似している（平，2017）。事件の情報を知っている者は、標準刺激のうち、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時で、脳波の挙動や局所脳活動が異なると仮定される。

近年、新たな脳機能計測法として、近赤外分光法（near infrared spectroscopy; NIRS）に着目した検討も試みられるようになってきている。NIRS では、神経血管カップリングという生理学的現象と、生体透過性が高いという近赤外光の性質を利用して血中ヘモグロビン濃度変化を非侵襲的に計測する。その血中ヘモグロビン濃度変化、特に酸素化ヘモグロビン濃度変化 ($\Delta[\text{oxyHb}]$) から脳の神経活動を推定することが可能である (Kato, Kamei, Takashima, & Ozaki, 1993)。NIRS は fMRI と比較して、CIT 研究に応用するうえで、多くの利点がある、すなわち、携帯性に優れ、特殊な計測環境を必要とせず低コストであり、被検査者への負担が少ない（新岡，2017）。したがって、NIRS は現実の捜査場面で応用が期待できると考えられる。

これまでに行われた NIRS を用いた CIT 研究としては、Sai, Zhou, Ding, Fu, & Sang (2014) が挙げられる。Sai et al. (2014) は、参加者を模擬窃盗を行う guilty 群、模擬窃盗を行わない innocent 群に分け、両群について3項オドボール課題を実施した。guilty 群の参加者は、♠J のトランプカードと 10RMB の紙幣が入った封筒を盗み、実験終了まで盗んだものについて知らないふりをするよう教示された。♠K と 20RMB がターゲット項目として使用された。また、♠J と 10RMB が裁決項目、4 枚のカード (♠9, ♠10, ♠Q, ♠A) と 4 種類の金額 (1RMB, 5RMB, 50RMB, 100RMB) が非裁決項目として使用された。各項目はそれぞれ事象関連デザインで5回ずつ呈示され、全部で 60 試行行なわれた。このような手続きによって、guilty 群のみが裁決項目と非裁決項目を弁別できる。いずれの群の参加者もターゲット項目については、NIRS 計測の前に記憶するように教示された。その結果、guilty 群で、両極背外側前頭皮質と左補足運動皮質における裁決項目に対する $\Delta[\text{oxyHb}]$ が非裁決項目と比べて有意に大きいことが確認された。一方、innocent 群では、どのチャンネルにおいても項目間で有意な差は確認できなかった。したがって、両極背外側前頭皮質と左補足運動皮質が情報の秘匿と関連する可能性が示された。

Sai et al. (2014) では3項オドボール課題を用いている。一方、現行のポリグラフ検査においてはターゲット刺激が用いられることはなく、裁決質問と非裁決質問のみが用いられる。新岡 (2017) では、NIRS により、現行のポリグラフ検査と同様に、裁決質問と非裁決質問のみを用いた実験デザインで記憶情報についての秘匿時の脳血流動態反応の計測を試みた。その結果、刺激呈示後 10 秒前後で、裁決質問呈示時に非裁決質問呈示時と比較して、前頭領域における $\Delta[\text{oxyHb}]$ が大きくなることが確認された。この結果は、日本における CIT に依拠したポリグラフ検査において、NIRS 計測を活用できる可能性を示しただけではなく、従来用いられている末梢神経系指標との併用が期待できることも示唆している。

1. 2. 秘匿情報検査 (CIT) における理論的論拠

CIT において、犯罪に関連する情報を秘匿している場合、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時に異なる生理反応が生じる理由は、弁別および定位反応によって説明が可能である。弁別は、類似した刺激の中から、特定の刺激だけに反応するようになることを指す。すなわち、CIT においては、複数の非裁決質問ではなく1つの裁決質問を弁別して反応が生じると考えられている (Bauer, 1984; Ben-Shakhar & Elaad, 2003)。定位反応はある刺激に対して無意識的、非随意的に注意を向ける働きのことである (Sokolov, 1963)。弁別や定位反応は、心拍、呼吸、皮膚電気活動、瞳孔反応などの自律神経系反応に生じることが報告されている (Bradley, 2009; Graham & Clifton, 1966)。

CIT の手続きでは、実験者が複数の刺激項目について参加者に質問していくという形式をとるため、再認記憶課題に類似している。そのため、情報秘匿検査は、これまで「記憶検査の一種」と考えられてきた (小林・吉本・藤原, 2009; 小川・敦賀・小林・松田・廣田・鈴木, 2007)。記憶検査では、記憶した項目 (旧項目) と新奇に出現した項目 (新項目) を弁別し、旧項目に定位反応が生じるために、項目間に対する反応に差異が生じる。しかし、近年では、CIT を記憶検査の枠組みだけでは説明できない可能性を示唆する結果も報告されている。もし、CIT が記憶検査と同等であり、弁別や定位反応のみに依拠しているのならば、記憶していない項目を記憶したと判断するような虚記憶が参加者に生じた場合にも、項目間で、生理反応に違いがみられるは

ずである。しかし、虚記憶を生じさせるパラダイムで検討を行った尾藤（2012）や Baioui, Ambach, Walter, & Vaitl（2012）では、そのような結果が確認できなかった。また、CIT における生理反応を説明するうえで、再認の効果だけではなく、情報隠蔽の意図の働きを重視する必要があることも指摘されている（Matsuda, Nittono, & Ogawa, 2013）。これらの先行研究は、CIT における末梢神経系反応について検討を試みており、中枢神経系反応としての脳血流動態反応に着目して情報秘匿意図の影響を検討した研究は行われていない。

1. 3. 本研究の位置づけ

本研究全体では、日本の犯罪捜査で行われている CIT パラダイムと同様の枠組みで、NIRS を用いた虚偽検出が可能であるかどうかを検討し、その理論的基盤を明らかにすることを目的とした。新岡（2017）では、NIRS 計測を用いた CIT 研究において、現行のポリグラフ検査と同様の計測デザインで、記憶情報についての裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時に、前頭領域における異なる脳血流動態反応が確認された。また、呈示する刺激の特性に応じて、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の差異の程度が異なることも示された。すなわち、犯罪シナリオにおける刺殺部位や死体遺棄場所とは異なり、使用された凶器についてのみ、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の差異が大きくなることが示された。そこで、本研究の実験 1 では、そのような知見を踏まえ、新岡（2017）と同様のデザインで、記憶した犯罪シナリオにおける凶器について、1 つの裁決質問と 6 つの非裁決質問を用いた場合で、同様の結果が得られるかどうかの追試を試みた。

さらに、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時に生じる $\Delta[\text{oxyHb}]$ の差異における、情報秘匿意図の影響を検討する目的で実験 2 を行った。具体的には、実験 1 と同様の記憶情報についての裁決質問と非裁決質問を用意し、裁決質問に対して真実を回答した場合の $\Delta[\text{oxyHb}]$ を計測した。もし、CIT における裁決質問と非裁決質問間の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の差異が弁別や定位反応によって生じ、再認が重要な役割を担うのであれば、裁決質問に真実を回答した場合でも新岡（2017）の結果が再現されると考えられる。一方、再認に加えて情報秘匿の意図が重要な役割を担うのであれば、裁決質問に真実を回答した場合には、新岡（2017）で確認されたような裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の差異が確認できないと考えられる。

近年外国人の犯罪も増えていることから、ポリグラフ検査において文章だけではなく画像も使用される（松田, 2004）。そのため、新岡（2017）では、裁決項目および非裁決項目の呈示に文章と画像を使用している。よって、本研究においても同様に、裁決項目および非裁決項目の呈示には文章と画像を使用した。

2. 実験 1

2. 1. 方法

2. 1. 1 参加者

大学院生 11 名（男性 6 名、女性 5 名、平均年齢 25.00, $SD = 2.97$, 22-32 歳）が参加した。全員正常な視力あるいは矯正視力を有していた。研究参加者は口頭と書面で実験内容の説明を受け、同意書に署名した。また、実験が始まってからも、気分が悪くなった場合などには、いつでも参加者の任意のタイミングで参加を中止できる旨も告げられた。実験の内容および手続きについては、あらかじめ法政大学文学部心理学科・心理学専攻倫理委員会の了承を得ていた。

2. 1. 2 装置

8 つの照射プローブおよび 8 つの検出プローブを用いた 24 チャンネルの NIRS システム（ETG-4000, 日立メディコ製, 日本）を使用して脳血流動態反応を計測した。それぞれの照射プローブと検出プローブは、 $9 \times 9 \text{ cm}^2$ のゴム製のベルトに挿入し、上からナイロンネット用いて前頭部に固定した。16 のプローブは 4×4 で配置され（図 1 a）、前頭前領域における 24 のチャンネル内（図 1 b）の $\Delta[\text{oxyHb}]$, 脱酸素化ヘモグロビン濃度の変化量（ $\Delta[\text{deoxyHb}]$ ）が計測された。プローブ間の距離は 30 mm であり、頭蓋骨から 15 - 25 mm の深さの神経活動を計測可能である。NIRS 計測に使用した近赤外光の波長は 695 nm と 830 nm の 2 つであり、生態組織内で生じる近赤外光の高い散乱の挙動を考慮するための修正 Beer - Lambert 則（Izzetoglu, 2005;

Kocsis, Herman, & Eke, 2006; Matsuo, Kato, & Kato, 2002) により, 照射光と検出光の強度変化という物理量をヘモグロビン濃度変化量という生態情報へと変換した。変換により得られたヘモグロビン濃度変化量は濃度と光路長の積のかたち (millimolar \times millimeter) で表現されるため, mM \times mm の単位で記録された (Maki et al., 1995)。サンプリングレートは 10 Hz で記録された。刺激の呈示には MATLAB (Mathworks, Natick, MA) 上で動作する psychtoolbox (Brainard, 1997; Kleiner, Brainard, & Pelli, 2007; Pelli, 1997) を使用し, データの解析には MATLAB 2012a を使用した。

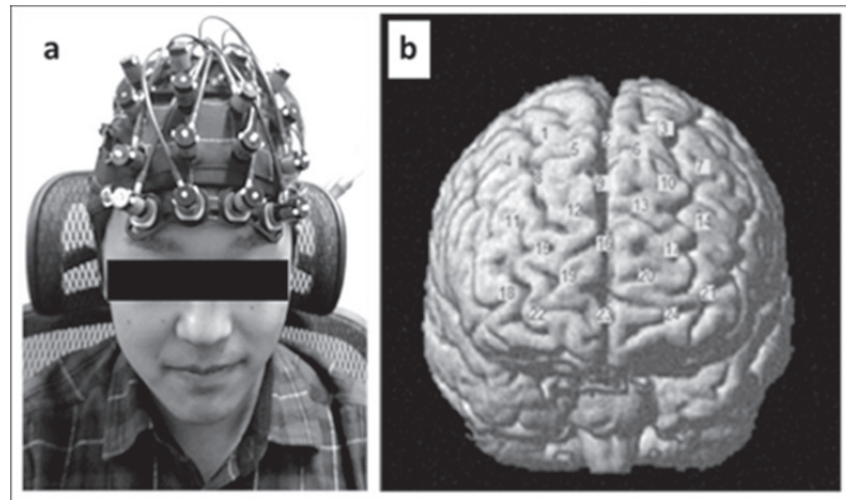


図 1. 本研究における NIRS 計測。

(a) 4 \times 4 のプローブ配置で計測を行っている様子。(b) 脳表に対応するチャンネル位置。

2. 1. 3 手続き

参加者は実験への参加に同意した後, 図 2 a のような流れで実験を行った。

はじめに犯罪シナリオの内容についてあとでテストを行うことを教示したうえで記憶するように教示し, 犯罪シナリオをコンピュータのディスプレイ上に呈示した。犯罪シナリオは全部で 7 ページあり, 参加者の任意のタイミングでボタンを押して次のページに進めるようになっていた。参加者には「自分が犯人になったつもりで読む」ということを伝えた。シナリオの内容は, 金銭トラブルから知人の男性を刺殺してしまうというものであった。具体的には, 凶器として「果物ナイフ」を男性の背中に刺し, 出血多量で死亡させてしまい, 近所の公園に死体を遺棄するというものであった。シナリオを読んだ後, 「実験終了まではシナリオの内容については知らないふりをする」と求めた。

次に, 10 分間休憩してもらった後, 情報秘匿課題で呈示する刺激の項目についての見本合わせを行った。これは, 情報秘匿とは無関連な刺激の視覚的特性による脳の活動を統制する目的があった。参加者には, 「これから事件についての情報をあなたが知っているかどうかを脳活動計測の結果から判断します。そのための検査で聞かれる情報について前もってお見せします。」と伝え, 凶器について裁決項目を含む 7 つの質問から構成される刺激セットを順番に呈示していった。刺激セットの呈示はディスプレイ上で行い, 7 つの項目はランダムな順で呈示された。見本合わせおよび情報秘匿課題で用いた質問は表 2 のとおりである。

その後, 参加者の頭部にプローブを装着し, 情報秘匿課題を行い, 質問に回答時の脳血流の変化に関する検討を行った。情報秘匿課題の 1 試行の流れは図 2 b の通りである。はじめにディスプレイ上に注視点が 2 秒間呈示され, 次に日本語の質問文と画像が呈示された。参加者は 20 秒間ディスプレイを見ているよう求められた。質問文と画像が呈示されてから 20 秒経過すると「はい」「いいえ」の文字が試行ごとに左右ランダムにいずれかに呈示され, 参加者は, すべての質問に対して「いいえ」と口頭で回答した後, 「いいえ」という文字が呈示されている方に対応するボタンを押した。質問文は, 凶器について「あなたが使用した凶器は X ですか?」の X にそれぞれの質問項目が入るかたちで呈示された。参加者は, 裁決質問に対して情報を秘匿していること

になる一方、非裁決質問に対しては、情報を秘匿していないことになる。1つの質問は異なる順番で3回ずつ呈示された。情報秘匿課題は、全体で7（質問数）×3（呈示回数）の21試行行われた。

情報秘匿課題終了後に、参加者に事件の詳細情報である凶器について口頭で質問したところ、参加者全員が正解できていたため、全参加者のデータを解析対象とした。実験は全部で50分程度であり、実験終了後にデブリーフィングおよび研究の目的についての説明を行った。

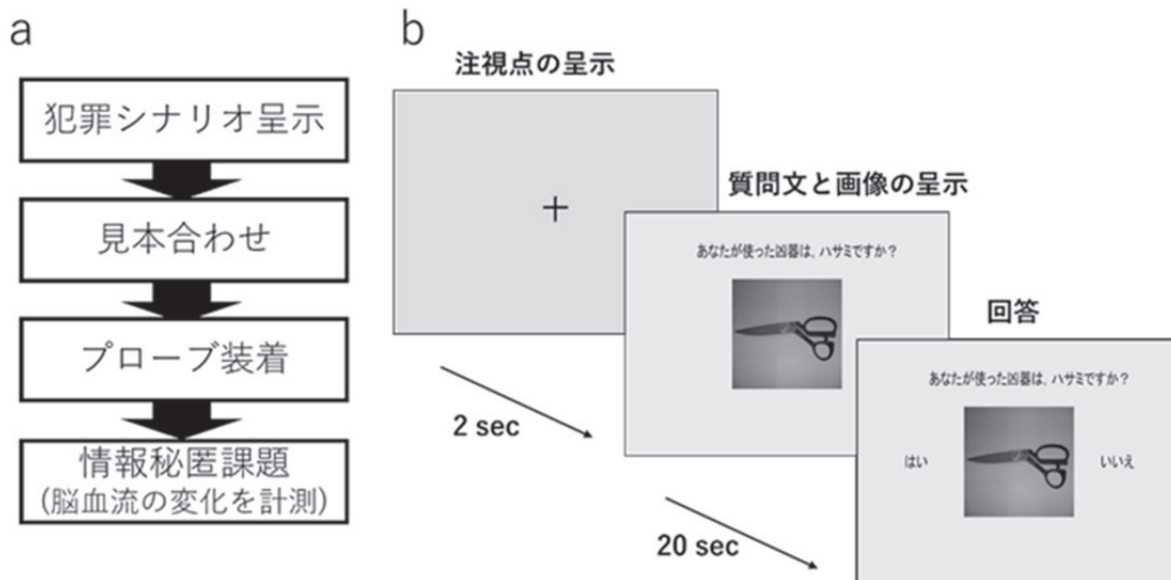


図2. 本研究における実験全体の流れ (a) および1試行の流れ (b)。

2. 1. 4 データの前処理

これまでの NIRS を用いた研究では、 $\Delta[\text{oxyHb}]$ が脳血流反応の鋭敏な指標であることが報告されている (Homae, Watanabe, Nakano, & Taga, 2007; Huppert, Hoge, Diamond, Franceschini, & Boas, 2006; Lu, Zhang, Biswal, Zang, Peng, & Zhu, 2010)。それらの知見を踏まえ、本研究では $\Delta[\text{oxyHb}]$ のみを解析対象とした。はじめに参加者ごとに、全24チャンネル内での平均波形を算出し、次に、項目ごとに3試行の平均波形を算出した。その後、全参加者で平均をとり、時間特性についての把握を試みた。チャンネルごとに刺激呈示前300ミリ秒間の oxyHb 濃度の平均値を0点とした場合の刺激呈示後20秒間の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の変化量の最大値の平均値を算出した。 $\Delta[\text{oxyHb}]$ の最大値については、質問の種類ごとに最大値で除することにより正規化を行った。

2. 2. 結果

2. 2. 1 時間特性

記銘した犯罪シナリオにおける凶器についての裁決/非裁決質問と画像の呈示から20秒間の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の時間特性を調べたところ、図3aが得られた。呈示時間20秒を2秒ビンで区切り、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時で差があるかどうかを対応のあるt検定を行った。その結果、刺激呈示後4秒から6秒の区間および6秒から8秒の区間で裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ が非裁決質問呈示と比較して有意に大きいことが示された ($t(10) = 2.39, p < .05$; $t(10) = 2.56, p < .05$)。

2. 2. 2 $\Delta[\text{oxyHb}]$ の最大値の比較

裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の脳血流動態反応の時系列波形の振幅の大きさについて検討するために、チャンネルごとに刺激呈示前300ミリ秒間の oxyHb 濃度の平均値をゼロ点とした場合の刺激呈示後20秒間の Δ

[oxyHb]の最大値 ($\max \Delta [\text{oxyHb}]$) について、平均値を算出した。その結果、図 4 a が得られ、裁決質問呈示時の $\max \Delta [\text{oxyHb}]$ が非裁決質問呈示時と比較して有意に大きいことが確認された ($t(10) = 3.65, p < .01$)。

3. 実験 2

3. 1. 方法

3. 1. 1 参加者

大学院生 10 名 (男性 7 名, 女性 3 名, 平均年齢 25.60, $SD = 4.38$, 22-33 歳) が参加した。全員正常な視力あるいは矯正視力を有していた。研究参加者は口頭と書面で実験内容の説明を受け、同意書に署名した。また、実験が始まってからも、気分が悪くなった場合などには、いつでも参加者の任意のタイミングで参加を中止できる旨も告げられた。実験の内容および手続きについては、あらかじめ法政大学文学部心理学科・心理学専攻倫理委員会の手承を得ていた。

3. 1. 2 装置

実験 1 と同様の 8 つの照射プローブおよび 8 つの検出プローブを用いた 24 チャンネルの NIRS システム (ETG-4000, 日立メディコ製, 日本) を使用して脳血流動態反応を計測した。また、実験 1 と同様に、サンプリングレートは 10 Hz で記録された。刺激の呈示には実験 1 と同様のプログラムを使用し、データの解析には MATLAB 2012a を使用した。

3. 1. 3 手続き

参加者は実験への参加に同意した後、実験 1 と同様に、図 3 a のような流れで実験を行った。

はじめに犯罪シナリオの内容についてあとでテストを行うことを教示したうえで記憶するように教示し、犯罪シナリオをコンピュータのディスプレイ上に呈示した。犯罪シナリオは実験 1 と同様であった。

次に、10 分間休憩してもらった後、情報秘匿課題で呈示する刺激の項目についての見本合わせを行った。参加者には、「これから事件についての情報をあなたが知っているかどうかを脳活動計測の結果から判断します。そのための検査で聞かれる情報について前もってお見せします。」と伝え、凶器について裁決項目を含む 7 つの質問から構成される刺激セットを順番に呈示していった。刺激セットの呈示はディスプレイ上でを行い、7 つの項目はランダムな順で呈示された。

その後、参加者の頭部にプローブを装着し、情報秘匿課題を行った。参加者は 20 秒間ディスプレイを見ているよう求められた。質問文と画像が呈示されてから 20 秒経過すると「はい」、「いいえ」の文字が試行ごとに左右ランダムにいずれかに呈示される点は実験 1 と同様であるが、裁決質問に対しては「はい」と回答し、非裁決質問に対しては「いいえ」と回答することが求められていた点で実験 1 と異なっていた。1 つの質問は異なる順番で 3 回ずつ呈示された。情報秘匿課題は、全体で 7 (質問数) \times 3 (呈示回数) の 21 試行行われた。

情報秘匿課題終了後に、参加者に事件の詳細情報である凶器について口頭で質問したところ、参加者全員が正解できていたため、全参加者のデータを解析対象とした。

実験は全部で 50 分程度であり、実験終了後にデブリーフィングおよび研究の目的についての説明を行った。

3. 1. 4 データの前処理

実験 1 と同様に、得られたデータについて前処理を行った。

3. 2 結果

3. 2. 1 時間特性

記銘した犯罪シナリオにおける凶器についての裁決/非裁決質問と画像の呈示から 20 秒間の $\Delta [\text{oxyHb}]$ の時

間特性を調べたところ、図 3 b が得られた。呈示時間 20 秒を 2 秒ビンで区切り、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時で差があるかどうかを対応のある t 検定を行った。その結果、いずれの時間ビンでも質問間で $\Delta [\text{oxyHb}]$ に差異がみられなかった ($p > .05$)。

3. 2. 2 $\Delta [\text{oxyHb}]$ の最大値の比較

裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の脳血流動態反応の時系列波形の振幅の大きさについて検討するために、チャンネルごとに刺激呈示前 300 ミリ秒間の oxyHb 濃度の平均値をゼロ点とした場合の刺激呈示後 20 秒間の $\Delta [\text{oxyHb}]$ の最大値 ($\max \Delta [\text{oxyHb}]$) について、平均値を算出した。その結果、図 4 b が得られ、裁決質問呈示時の $\max \Delta [\text{oxyHb}]$ が非裁決質問呈示時と比較して差異がみられないことが示された ($p > .05$)。

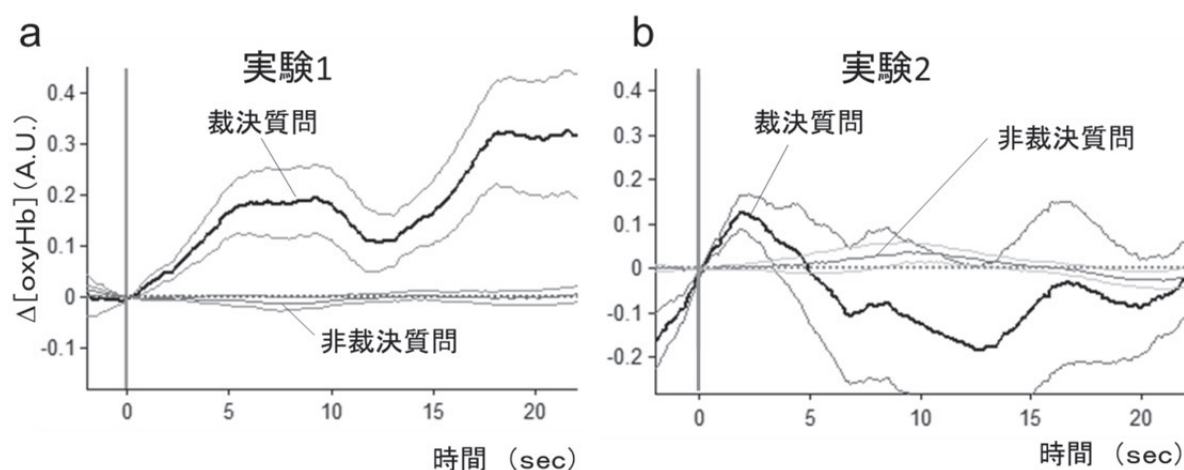


図 3. 裁決質問呈示時および非裁決質問呈示時の $\Delta [\text{oxyHb}]$ についての時間特性。

(a) は裁決質問呈示時に情報を秘匿した場合 (実験 1), (b) は裁決質問呈示時に真実を回答した場合 (実験 2) である。

縦軸は $\Delta [\text{oxyHb}]$ を標準化した値、横軸は時間を表す。また、それぞれの波形の薄い線は標準誤差 (SE) を表す。

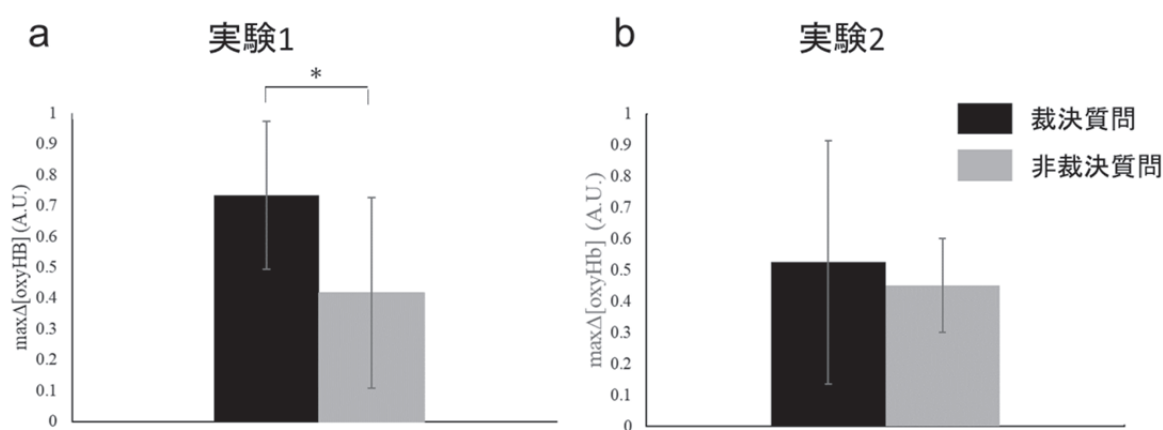


図 4. $\Delta [\text{oxyHb}]$ の最大値の比較。エラーバーは標準偏差 (SD) を表す。

4. 総合考察

4. 1 本研究で得られた結果のまとめ

本研究の実験1では、NIRSを用いて、CITパラダイムと同様の枠組みで、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の前頭領域における脳血流動態反応に差異がみられるかどうかを検討した。その結果、新岡（2017）と同様に、刺激呈示後4秒から6秒の区間および6秒から8秒の区間で裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ が非裁決質問呈示と比較して有意に大きいことが確認された。また、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の脳血流動態反応の時系列波形の振幅の大きさについて検討するために、チャンネルごとに刺激呈示前300ミリ秒間の oxyHb 濃度の平均値をゼロ点とした場合の刺激呈示後20秒間の $\max \Delta[\text{oxyHb}]$ について、質問の種類ごとに平均値を算出した。その結果、裁決質問呈示時の $\max \Delta[\text{oxyHb}]$ が非裁決質問呈示時と比較して有意に大きいことが確認された。この結果についても、新岡（2017）の結果を再現できたといえる。したがって、犯罪情報を秘匿している者については、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の脳血流動態反応を比較することで、差異が生じることが確認できたため、NIRSを用いた虚偽検出の有効性を確認することができたと考えられる。

また、情報秘匿時の脳血流動態反応における情報秘匿意図の影響について明らかにする目的で実験2を行った。情報秘匿の意図がない状況下での検討を試みるために、実験2では、裁決質問呈示時に真実を回答させた。その結果、実験1では、刺激呈示後の特定の時間ビンについて、裁決質問呈示時と非裁決項目呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ 間に差がみられた一方で、実験2では、そのような差異がみられないことが確認された。また、刺激呈示前300ミリ秒間の oxyHb 濃度の平均値をゼロ点とした場合の刺激呈示後20秒間の $\max \Delta[\text{oxyHb}]$ について、平均値を算出した結果、裁決質問呈示時に真実を回答した場合には、そのような差異が確認されなかった。もし、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の脳血流動態反応の差異が、弁別や定位反応によって生じ、再認が重要な役割を担うのであれば、裁決質問に真実を回答した場合でも、実験1において確認されたように、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ に差異が確認されるはずである。しかし、実験2では、そのような差異が確認されなかった。したがって、再認に加えて情報秘匿の意図が、情報を秘匿している者における裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ に差異を生じさせるうえで、重要な役割を担うことが示唆されたといえる。

さらに、図4において、実験1と実験2のいずれについても、非裁決質問呈示時には平均波形の標準誤差が小さいのに対して、裁決質問呈示時には標準誤差が大きいことが確認できる。この結果については、情報を秘匿した場合と真実を回答した場合のいずれについても、裁決質問呈示時の情報処理が非裁決質問呈示時の情報処理と異なっていることを裏付けると考えることができる。また、情報秘匿群において、非裁決質問呈示時に平均波形の標準誤差が小さく、裁決質問呈示時に標準誤差が大きくなっていることは、情報秘匿時の脳血流動態反応について、個人差が大きく、何らかの個人特性が影響する可能性を示唆しているといえる。

4. 2 情報秘匿時の脳血流動態反応における秘匿意図の影響

本研究における実験1と実験2の結果を踏まえると、NIRSを用いたCIT研究における裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の脳血流動態反応の差異を生じさせる要因として、情報秘匿意図の重要性が示唆されたといえる。

また、図4に示されているように、実験1と実験2では刺激呈示後の時系列波形について、非裁決質問間では大きな差異はみられない一方、裁決質問間では大きな差異があるといえる。すなわち、実験1において、情報を秘匿した場合には、裁決質問呈示時に $\Delta[\text{oxyHb}]$ がゼロ点と比較してポジティブな極性に変化しているのに対し、実験2において、真実を回答した場合にはネガティブな極性に変化しているのがわかる。実験2において、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ 間で、統計的仮説検定により有意な差は確認されなかったが、裁決質問呈示時に低周波の大きな成分が出現している点には留意する必要がある。近年、神経科学領域でヒトや動物の認知および行動に伴う特徴的なオシレーションの誘発が確認されており、脳の状態、すなわち、心理的状态を反映した結果であると考えられている（e.g., Buzsaki, Horvath, Urioste, Hetke, & Wise, 1992）。近年、NIRS計測においても、オシレーションに着目した研究もあり、Vermeij, Meel-van den Abeelen,

Kessels, van Beek, & Claassen (2014) は、0.05 Hz から 0.07 Hz および 0.07 Hz から 0.2 Hz の低周波成分が認知的負荷と関連していることを報告している。生理学的データにおいて、このようなオシレーションに着目することで、情報秘匿と関連する心理的状态を反映した指標が得られる可能性がある。

現実の犯罪捜査場面において、被疑者が裁決質問に対して、真実反応を回答するというケースは非常に特殊な事態であり、現実場面とは大きく乖離した状況ではあるものの、本研究では、NIRS を用いた CIT 研究における情報秘匿意図の影響を明らかにし、CIT における生理反応の理論的基盤に有益な示唆を提供することができた。ただし、情報秘匿意図については、たとえば、報酬—罰の側面に基づいて、期待される利得を最大化するための意図もあれば、考えられうる罰を最小化するための意図も想定される。すなわち、情報秘匿意図には伴う動機はさまざまである。今後は、そのような心理的側面も考慮に入れた情報秘匿意図の脳血流動態反応への影響を検討していく必要がある。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、法政大学文学部の越智啓太教授には、研究内容について相談に乗っていただき、有益な助言をいただきました。オーフス大学大学院医学生物学研究科の松本彰弘氏には、本研究のデータ解析にあたり、たくさんの助言をいただきました。法政大学文学部の福田由紀教授、法政大学大学院人文科学研究科の梶井直親氏、菊池理紗氏、蘆原遥氏、長田泰平氏には、本論文全体の論の流れおよび表現について、有益な助言および貴重な示唆をいただきました。ここに感謝申し上げます。

付記

本論文の実験 1 の一部は、日本心理学会第 79 回大会（2015 年 9 月 24 日）で発表した。また、実験 2 の一部は、日本犯罪心理学会第 55 回大会（2017 年 9 月 2 日）で発表した。

引用文献

- Baioui, A., Ambach, W., Walter, B., & Vaitl, D. (2012). Psychophysiology of false memories in a Deese-Roediger-McDermott paradigm with visual scenes. *PloS one*, 7, e30416.
- Bauer, R. M. (1984). Autonomic recognition of names and faces in prosopagnosia: A neuropsychological application of the guilty knowledge test. *Neuropsychologia*, 22, 457-469.
- Ben-Shakhar, G., & Elaad, E. (2003). The validity of psychophysiological detection of information with the Guilty Knowledge Test: a meta-analytic review. *Journal of Applied Psychology*, 88, 131-151.
- 尾藤 昭夫 (2012). 聴覚呈示したリスト語とその連想関連語は精神生理学的情報検出検査でどのような生理反応を生起させるのか. *日本法科学技術学会誌*, 17, 142.
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46, 1-11.
- Brainard, D.H. (1997). The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision* 10:443-446.
- Bhatt, S., Mbwana, J., Adeyemo, A., Sawyer, A., Hailu, A., & Vanmeter, J. (2009). Lying about facial recognition: an fMRI study. *Brain and cognition*, 69, 382-390.
- Buzsaki, G., Horvath, Z., Urioste, R., Hetke, J., & Wise, K. (1992). High-frequency network oscillation in the hippocampus. *Science*, 256, 1025-1027.
- Cui, Q., Vanman, E. J., Wei, D., Yang, W., Jia, L., & Zhang, Q. (2013). Detection of deception based on fMRI activation patterns underlying the production of a deceptive response and receiving feedback about the success of the deception after a mock murder crime. *Social cognitive and affective neuroscience*, 9, 1472-1480.
- Elaad, E. (1990). Detection of guilty knowledge in real-life criminal investigations. *Journal of Applied Psychology*, 75, 521.
- Farwell, L. A., & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy("Lie detection") with Event - Related brain potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.
- Gamer, M. (2011). Detecting concealed information using autonomic measures. In B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, & E.

- Meijer (Eds.), *Memory detection: Theory and application of the Concealed Information Test*. New York: Cambridge University Press, 27-45.
- Gamer, M., Klimecki, O., Bauermann, T., Stoeter, P., & Vossel, G. (2009). fMRI-activation patterns in the detection of concealed information rely on memory-related effects. *Social cognitive and affective neuroscience*, 7, 506-515.
- Graham, F. K., & Clifton, R. K. (1966). Heart-rate change as a component of the orienting response. *Psychological bulletin*, 65, 305-320.
- 疋田圭男. (1971). ポリグラフ検査の有効性. 科学警察研究所報告, 24, 230-235.
- 平伸二. (2017). 脳波を用いたポリグラフ検査. 越智啓太・桐生正幸(編)テキスト司法・犯罪心理学, 377-384.
- Homae, F., Watanabe, H., Nakano, T., & Taga, G. (2007). Prosodic processing in the developing brain. *Neuroscience research*, 59(1), 29-39.
- Huppert, T. J., Hoge, R. D., Diamond, S. G., Franceschini, M. A., & Boas, D. A. (2006). A temporal comparison of BOLD, ASL, and NIRS hemodynamic responses to motor stimuli in adult humans. *Neuroimage*, 29, 368-382.
- Huppert, T. J., Hoge, R. D., Diamond, S. G., Franceschini, M. A., & Boas, D. A. (2006). A temporal comparison of BOLD, ASL, and NIRS hemodynamic responses to motor stimuli in adult humans. *Neuroimage*, 29, 368-382.
- 入戸野宏. (2003). 事象関連電位 (ERP) と認知活動: 工学心理学での利用を例に. 行動科学 42, 25-35.
- 廣田昭久・小川時洋・松田いづみ・高澤則美. (2009). 隠匿情報検査時に生じる自律神経系反応の生起機序モデル, 生理心理学と精神生理学, 27, 17-34.
- Izzetoglu, M., Nioka, S., Chance, B., & Onara, B. (2005). Single trial hemodynamic response estimation in a block anagram solution study using fNIR spectroscopy. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, Proceedings.(ICASSP'05)*. IEEE International Conference, 5, 633.
- Kato, T., Kamei, A., Takashima, S., & Ozaki, T. (1993). Human visual cortical function during photic stimulation monitoring by means of near-infrared spectroscopy. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 13, 516-520.
- 小林孝寛・吉本かおり・藤原修治. (2009). 実務ポリグラフ検査の現状. 生理心理学と精神生理学, 27, 5-15.
- Kleiner M, Brainard D, Pelli D, 2007, "What's new in Psychtoolbox-3?" *Perception* 36 ECVF Abstract Supplement.
- Kocsis, L., Herman, P., & Eke, A. (2006). The modified Beer-Lambert law revisited. *Physics in medicine and biology*, 51, 91.
- Langleben, D. D., Schroeder, L., Maldjian, J. A., Gur, R. C., McDonald, S., Ragland, J. D. & Childress, A. R. (2002). Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study. *Neuroimage*, 15, 727-732.
- Lu, C. M., Zhang, Y. J., Biswal, B. B., Zang, Y. F., Peng, D. L., & Zhu, C. Z. (2010). Use of fNIRS to assess resting state functional connectivity. *Journal of neuroscience methods*, 186, 242-249.
- Lykken, D. T. (1959). The GSR in the detection of guilt. *Journal of Applied Psychology*, 43(6), 385.
- Lykken, D. T. (1978). The psychopath and the lie detector. *Psychophysiology*, 15, 137-142.
- Matsuo, K., Kato, N., & Kato, T. (2002). Decreased cerebral haemodynamic response to cognitive and physiological tasks in mood disorders as shown by near-infrared spectroscopy. *Psychological medicine*, 32, 1029-1037.
- Matsuda, I., Nittono, H., & Ogawa, T. (2013). Identifying concealment - related responses in the concealed information test. *Psychophysiology*, 50, 617-626.
- Meixner, J. B., & Rosenfeld, J. P. (2011). A mock terrorism application of the P300 - based concealed information test. *Psychophysiology*, 48(2), 149-154.
- 新岡陽光. (2017). 虚偽検出における近赤外分光法の利用可能性に関する検討—犯罪シナリオについての情報秘匿時の脳血流の変化—. 法政大学大学院紀要, 79, 107-119.
- 小川時洋・敦賀麻理子・小林孝寛・松田いづみ・廣田昭久・鈴木直人. (2007). 覚醒水準が隠匿情報検査時の生理反応に与える影響, 心理学研究, 78, 407-415.
- 小川時洋・松田いづみ・常岡充子. (2013). 隠匿情報検査の妥当性: 記憶検出技法としての正確性の実験的検証. 日本法科学技術学会誌, 18, 35-44.

- Osugi, A. (2011). Daily application of the Concealed Information Test: Japan. In B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, & E. Meijer (Eds.), *Memory detection: Theory and application of the Concealed Information Test*. New York: Cambridge University Press, 253-275.
- Peth, J., Sommer, T., Hebart, M. N., Vossel, G., Büchel, C., & Gamer, M. (2015). Memory detection using fMRI—Does the encoding context matter?. *NeuroImage*, 113, 164-174.
- Pelli, D.G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision* 10, 437-442.
- Rosenfeld, J. P., Biroshak, J. R., & Furedy, J. J. (2006). P300-based detection of concealed autobiographical versus incidentally acquired information in target and non-target paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 60(3), 251-259.
- Sai, L., Zhou, X., Ding, X. P., Fu, G., & Sang, B. (2014). Detecting concealed information using functional near-infrared spectroscopy. *Brain topography*, 27, 652-662.
- Sokolov, E. N. (1963). Higher nervous functions: The orienting reflex. *Annual review of physiology*, 25(1), 545-580.
- Sun, D., Lee, T. M., & Chan, C. C. (2013). Unfolding the spatial and temporal neural processing of lying about face familiarity. *Cerebral Cortex*, 25, 927-936.
- Vermeij, A., Meel-van den Abeelen, A. S., Kessels, R. P., van Beek, A. H., & Claassen, J. A. (2014). Very-low-frequency oscillations of cerebral hemodynamics and blood pressure are affected by aging and cognitive load. *Neuroimage*, 85, 608-615.
- 財津 亘 (2014). 実験 Concealed Information Test (CIT) の外的妥当性について—メタ分析による実務と実験の比較, 皮膚電気活動を焦点に—. *日本法科学技術学会誌*, 19, 9-18.